

林内機械作業による土壌・植生への攪乱とその持続性の解明

担当G：保護種苗部育種育苗G

共同研究機関：（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所（主管）

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

林業作業用車両の走行インパクトの持続性と、土質や植生相の異なる地域への適用について焦点をあて、車両機械の走行による土壌締固めからの回復過程の詳細を解明し、侵入した非森林性植物種が増加を続けるかを検証する。林業試験場の担当は、従来の研究では捉えられなかった走行後1～4年間に於いて同一作業道の経年変化を追い、土壌締固めからの回復過程（経時パターン）を検証する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

試験地

月形：集材路（2017年作設）支線区間
美唄：作業道（2012, 2015年作設）
当別：集材路（2016年作設）緩勾配、急勾配区間
各試験地の対照：周辺林地

調査方法等

道路作設後の経過年数による土壌物理性（硬度）の回復過程を評価する
測定方法：動的コーン貫入試験器
測定項目：Nc値（土壌硬度指標）

研究成果

■Nc値（5kgのおもりを0.5mの高さから自由落下させ、ロッドが0.1m挿入される打撃回数）の値から佐藤ら（2018）が考案した汎用的に締固め程度を評価する土壌締固指数（対照と同じになると1.0）により回復過程を評価する。

佐藤弘和ら（2018）トドマツ人工林間伐時の車両走行により締め固められた集材路における土壌貫入抵抗の経年回復。日林誌 100：110-115.

【月形の事例】

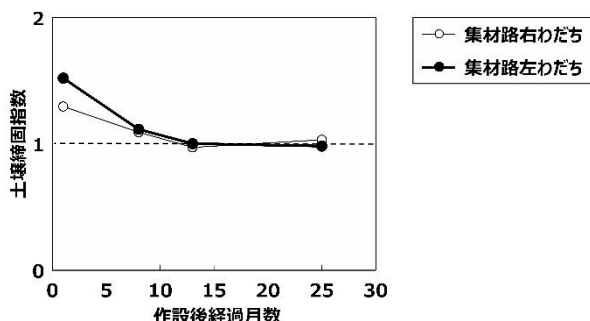


図-1 月形試験地における土壌締固指数の経年変化



写真-1 月形試験地の植生回復 作設25か月後

月形では、作設後1年で林地レベルまで回復していた（図-1）。これは作設時のインパクト（のり面形成土工や路面転圧など）が小さかったことが理由として考えられた。同試験地の作設25か月後には、ほぼ路面のみにスゲ類が繁茂した（写真-1）。

【美唄の事例】

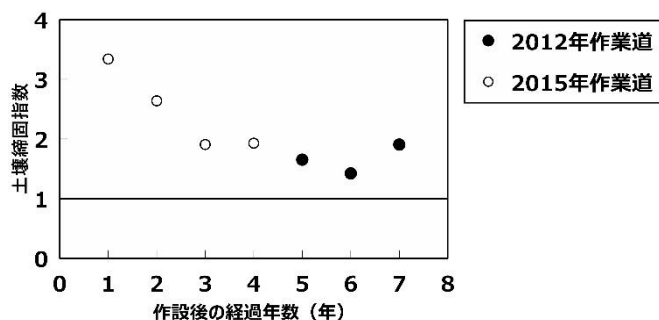


図-2 美唄試験地における土壌締固指数の経年変化

作業道として作設された美唄2015年（作設）作業道では、作設後1～3年で指数が急減するが、4年目は微増した（図-2）。路面での植生も、1～3年で被度が急増したが、4年目では増加割合が低下した（写真-2）。2015年作業道のデータから求めた指数回帰式による予測では、対照区間レベルに至る回復年は17年と推定された。

作設後5～7年になる美唄2012年（作設）作業道では、経年変化による土壌締固指数の低下はみられなかった（図-2）。この理由として、幹線利用により車両走行による締固めの度合いが大きかったことが示唆される。



写真-2 美唄試験地の植生回復 左から作設1年後、2年後、3年後、4年後の様子

【当別の事例】

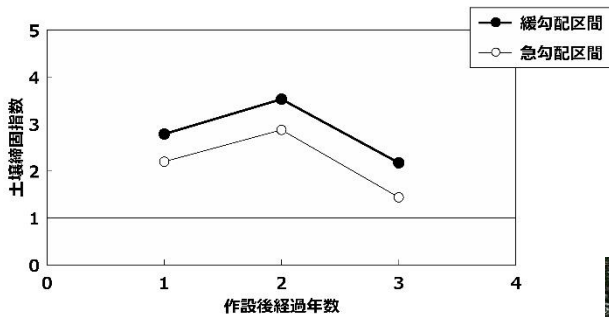


図-3 当別試験地における土壌締固指数の経年変化 ※作設後2年後に土壌締固指数（＝調査区間のNc値の加重平均／対照区間のNc値の加重平均）が増加したのは、締め固められた調査区間におけるNc値の加重平均値（分子の値）が作設後1年目より低下していたものの、林地の加重平均値（分母の値）の低下がそれより大きかったためである。

当別では、作設後2年目を除き、3年目では1年目より締固指数が低下したが、1.0には至らなかった（図-3）。ただし、急勾配区間での締固めは、経過年に関わらず緩勾配区間より小さかった。車両の勾配抵抗（車重×sinθ（θ：路面勾配））が大きくなる急勾配区間では、登坂・降坂時において履帯の突起部による土の練り上げが大きかったことが示唆される。緩勾配区間より急勾配区間での植生繁茂が多かった（写真-3）。



写真-3 当別試験地の植生回復 左：緩勾配区間、右：急勾配区間

■試験地の概要と回復傾向を一覧できるように、表-1にまとめた。

路網作設と車両走行による土壌締固めの回復年は、集材路では1年と早い事例もあったほか、先行研究（佐藤ら 2018）も考慮すれば5年程度は掛かることが推測される。ただし、作設時のインパクトが大きい作業道では、回復年は10年を超えるようである。

表-1 調査区間の特徴と回復傾向

試験地	調査区間	クラス	幹支線	のり面の有無	作設経過年	回復傾向
月形	左右わだち	集材路	支線	両のり面なし	0～2年	1年で回復
美唄	2012年作業道	作業道	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～4年	1～3年で急回復。4年目で回復が止まる。推定17年で回復
	2015年作業道	作業道	幹線	切土のり面・盛土のり面あり	4～7年	5～7年で回復傾向なし（データは5年目からのものを使用）
当別	緩勾配区間（勾配0.9°）	集材路	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～3年	3年目回復途中
	急勾配区間（勾配9.8°）	集材路	支線	切土のり面・盛土のり面あり	1～3年	3年目回復途中（緩勾配より早い）

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・佐藤弘和ら（2019）集材路での車両走行後における土壌物理性の回復。第130回日本森林学会大会企画シンポジウム（新潟）
- ・倉本恵生ら（2018）同一林分内の作設年代の異なる森林作業道上の植生発達。北方森林研究 66：23-26
- ・佐藤弘和ら（2017）過去に使った森林作業道の再利用―道路の締固めは重要です―。光珠内季報 182：6-10

量的・質的研究アプローチによる知的障がい者のための森林教育活動に関する研究

担当G：道南支場

協力機関・研究機関：道内の知的障がい者施設・特別支援学校

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
森林教育活動の構成要素と評価の関係性・重度者の活動への参加状況・森林での活動によるストレス低減効果の視座に基づく分析・評価から地域資源としての森林の活用策について提言を行う。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地
当麻町・夕張市ほか

調査方法
○障がい者を対象とした森林教育活動の実践
○施設職員による活動評価(アンケート調査)
○重い障がいを持つ人たちの行動観察

研究成果

1) 森林での活動を構成する諸要素と活動への評価の関係性の検討(H28～R1年度)
知的障がい者のための森林教育活動の立案・実践に必要な配慮事項探索のため、活動を構成する諸要素(テーマ・時間配分・指導者の働きかけ等)と評価の良否との関係性を明確化することを目的に、知的障がい者施設・特別支援学校等での森林教育活動の実践・活動構成諸要素の把握と支援者(施設職員・教師等)からの情報収集(アンケート調査)に取り組んだ。

昨年度に用いた活動評価に影響を与えると考えられる条件を再検討し(内容・場所・参加形態・移動・要求動作・器材・動植物・安全性・準備・時間・活動目的・降雨の12条件)、事例数を118(H16～R1年度に実践した活動)に増やして統計手法(因子分析・数量化I類)を適用した。

その結果、施設職員が森林活動の評価で重視する「活動の雰囲気」の基準と活動構成要素との関連性を検討したところ、「場所」「参加形態」「移動」「動植物」「安全管理」「時間」「不快指数(活動実施日の天候)」への配慮の重要性が見出された(図-1)。

2) 重度者の参加様態の精査(H28～R1年度)

重度者の参加への配慮事項として「内容」「場所」「参加形態」「移動」「要求動作」「器材」「動植物」「安全性」「時間」「降雨」「不快指数(活動実施日の天候)」が強く求められることがわかった(図-2)。

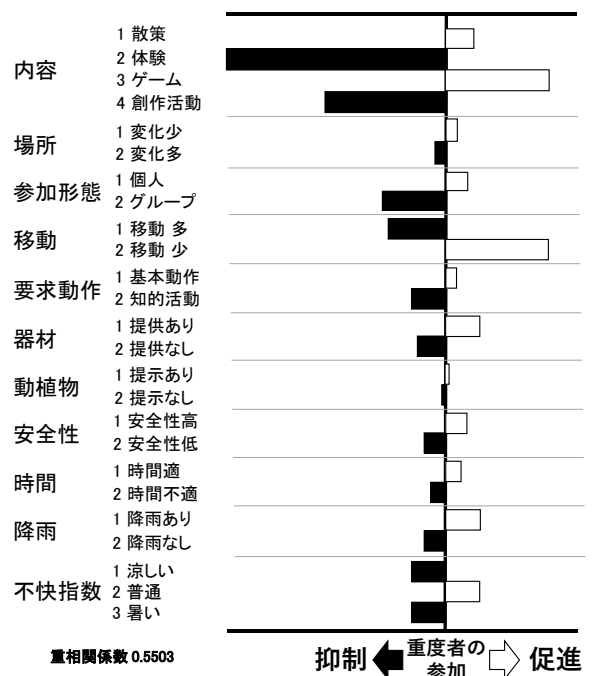
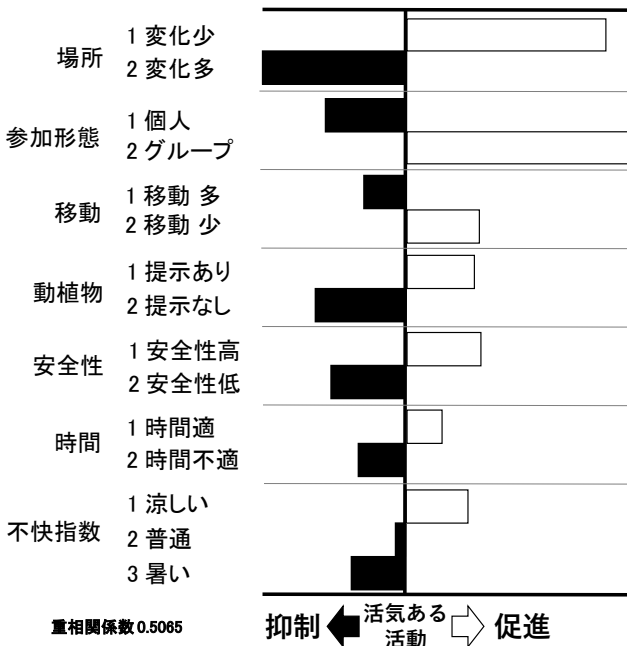


図-1 活気ある活動づくりに関連する条件

図-2 重度者との活動づくりに関連する条件

3) 森林活動のストレス低減効果の検討 (H28~R1年度)

森林体験活動の実施前後に心拍数を指標とするストレス測定を継続的に実施した。被験者の活動前のストレスの状況を概観すると、①常に高ストレス(スコア ≤ 40)、②高ストレスと低ストレスが混在(スコア ≤ 40 ・スコア > 40)、③常に低ストレス(スコア > 40)に大別できた。これらのうち、常に高ストレスの被験者、高ストレスと低ストレスが混在している被験者の「高ストレス時」の測定結果(活動前後のストレススコア)に統計手法(対応がある場合のWilcoxonの符号付き順位和検定)を適用した(図-3)。

被験者の森林での活動前後のストレス値の変化を比較したところ、散策型の活動において、より多くの参加者のストレスが軽減されることが示唆された(図-4)。散策型の活動においては被験者9名のうち6名(被験者A,B,D,E,I,M)にストレスの低減が認められたのに対し、体験・ゲーム型の活動において有意な差が認められたのは6名中3名であり、そのうちの2名(G,P)はストレスの低減が認められたが1名(I)はストレスが高まる状況が認められた(図-5)。思い思いに穏やかに過ごすことが主体の散策型の活動に対し、体験やゲーム活動は参加者の情動への訴求が大きく、このために高ストレス(交感神経優位)の状況が作られやすいと推測された(図-5)。



- G1 常に高ストレス (交感神経優位な人: ストレス状態)
- G2 高ストレスと低ストレスが混在 (交感神経優位だったり副交感神経優位だったり)
- G3 常に低ストレス (副交感神経優位な人: リラックス状態)

- G1とG2の高ストレス時の測定結果
- 活動前後の測定値の差の検定を実施 (対応がある場合のWilcoxonの符号付き順位和検定)
- 検定の枠組: 森林散策活動・体験活動やゲーム

図-3 ストレス値の比較の枠組み

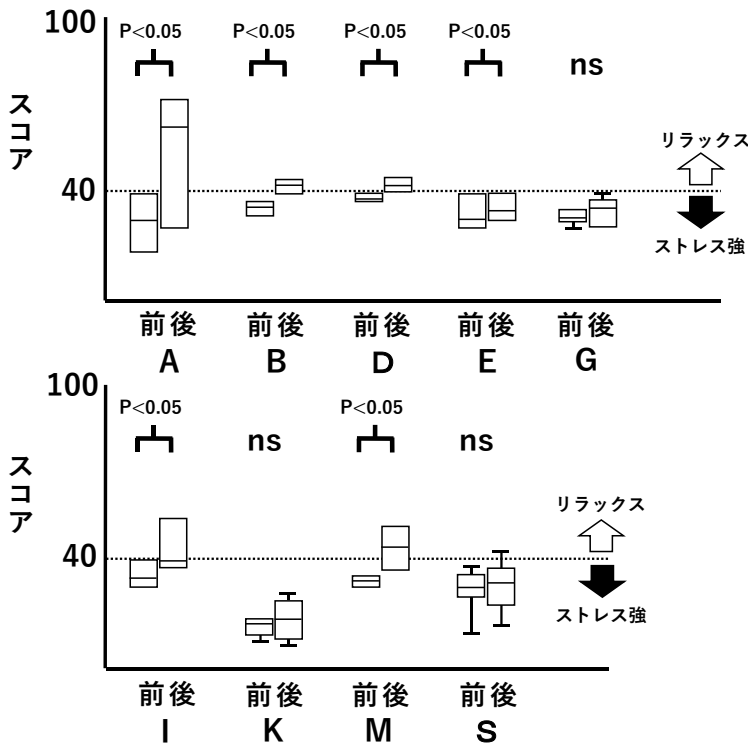


図-4 散策活動時のストレス値の変化

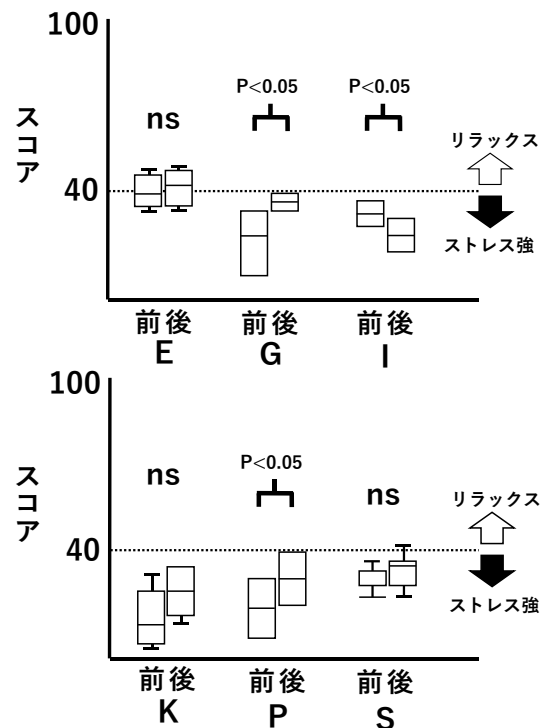


図-5 体験・ゲーム活動時のストレス値の変化

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

—講演・実技研修—

- i 2016.09.09 知的障がい者のためのプログラムの紹介と実践(北海道夕張高等養護学校の教師・生徒:夕張市)
- ii 2017.09.08 知的障がい者のためのプログラムの紹介と実践(北海道夕張高等養護学校の教師・生徒:夕張市)
- iii 2018.02.15 障がいのある人たちのための森林活動の実践(北海道函館盲学校の教師・生徒-蝕察活動を主体に-:函館市)
- iv 2018.08.25 知的障がい者のための森林体験活動の進め方(札幌協働福祉会職員・施設利用者とその保護者:仁木町)
- v 2019.06.07 知的障がい者のための森林体験活動の実践(札幌協働福祉会事業所施設長を対象とした研修:仁木町)
- vi 2019.10.05 科学へジャンプ・イン・北海道(視覚に障がいのある児童生徒のためのプログラムの展開:札幌市)ほか

—刊行物—

- i 「障がい者の利用」を視点とした森林公園の路網状況の評価:光珠内季報181号
- ii 施設の職員から見た知的障がい者に望ましい森林体験活動の条件とは?:光珠内季報185号
- iii 知的障がい者のための森林活動への電波探知技術の利用-簡易FOX送信機の作成と森林活動の実践-:光珠内季報189号
- iv 森林体験活動時における知的障がい者のコミュニケーションの特徴-参加者のコミュニケーションパターンの類型化から考える-:光珠内季報193号

津波による最大リスク評価手法の開発と 防災対策の実証的展開

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：北方建築総合研究所地域研究部環境防災G（主管）、
地質研究所地域地質部地質防災G、北海道大学大学院文学研究科、
埼玉大学大学院理工学研究科

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：重点研究

研究目的

目的 北海道における津波による死傷リスクを低減するため、積雪寒冷や暗夜条件などによる最大リスク評価手法並びに都市・地域の人口や土地利用の経時変化を考慮した津波防災対策効果の評価手法を開発する。また津波防災対策の実施を支援するために防災対策案を定量的に評価する手法を開発し、具体の市町村で津波避難計画や津波防災地域づくり計画を作成するなどにより実証的に展開する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地について
調査地：釧路市有林（音別海岸防災林）
林帯サイズ：幅100m、長さ1000m
樹種：グイマツ、カシワ

調査および津波シミュレーション方法
調査方法：16.7m×100m帯状区の毎木調査
測定項目：胸高直径、樹高、枝下高
シミュレーション方法：二次元非線形長波方程式

研究成果

1. 海岸保全施設等の整備による津波の勢いの変化の予測

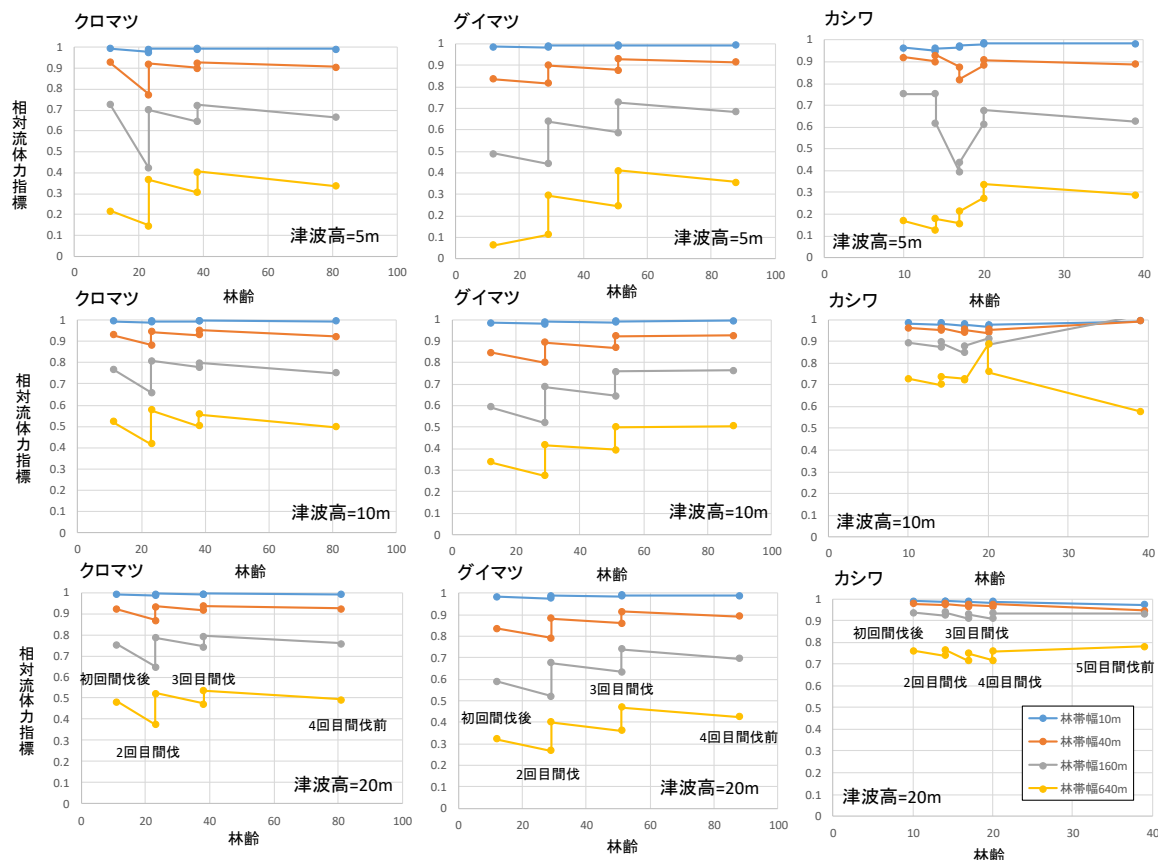


図-1 主要3種海岸防災林の施業体系に沿った津波減勢効果の時系列変化。相対流体力指標は林帯後方の流体力指標（水深×流速²で流れの勢いを示す）の林帯が無い場合を1とした相対値。

一定の地形を仮定し、林帯幅、津波高を変えて林帯背後の流体力指標を計算したところ、間伐後から次の間伐にかけて減勢効果が大きくなり、間伐後に小さくなるというサイクルを繰り返した(図-1)。地域の防災対策を検討する上では、初回間伐から減勢効果が発揮され、その後も大きな変化がなく推移することを前提としてよいと考えられる。

2. 釧路市音別町での実証的展開

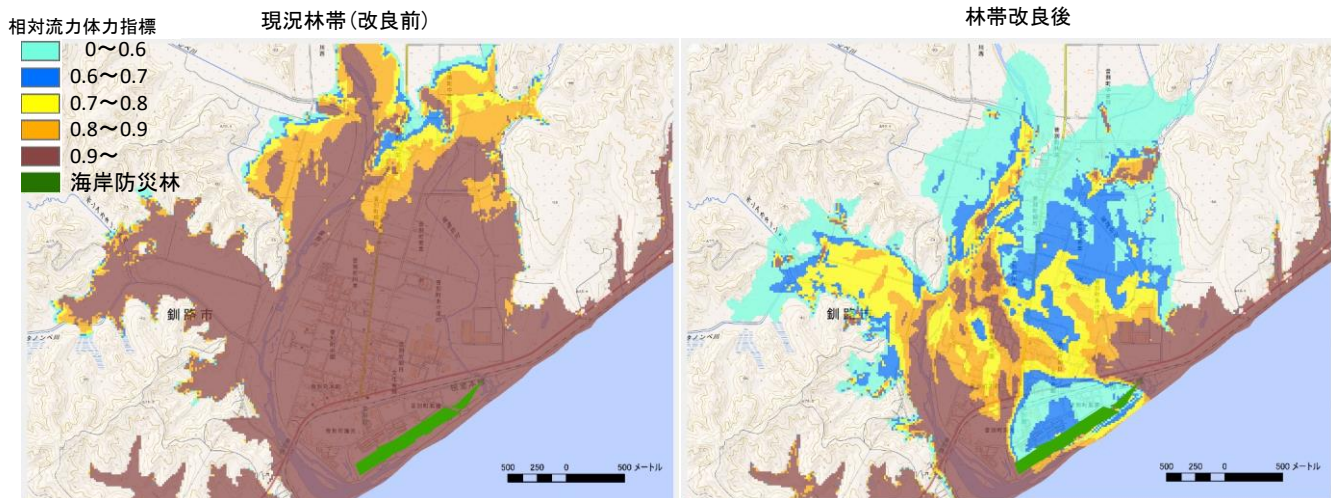


図-2 釧路市音別町の海岸防災林の改良工事（林帯の海側に堀と盛土を造成し、盛土上には植栽を行う）を行った場合の相対流体力指標の変化。

改良工事に先立って、改良の効果をシミュレーションにより計算したところ、現況に比べて改良後には減勢効果が大きくなることが明らかになった(図-2)。計算結果を事業主体に伝えることにより、計画が事業に結びついて実証的展開が図られた。

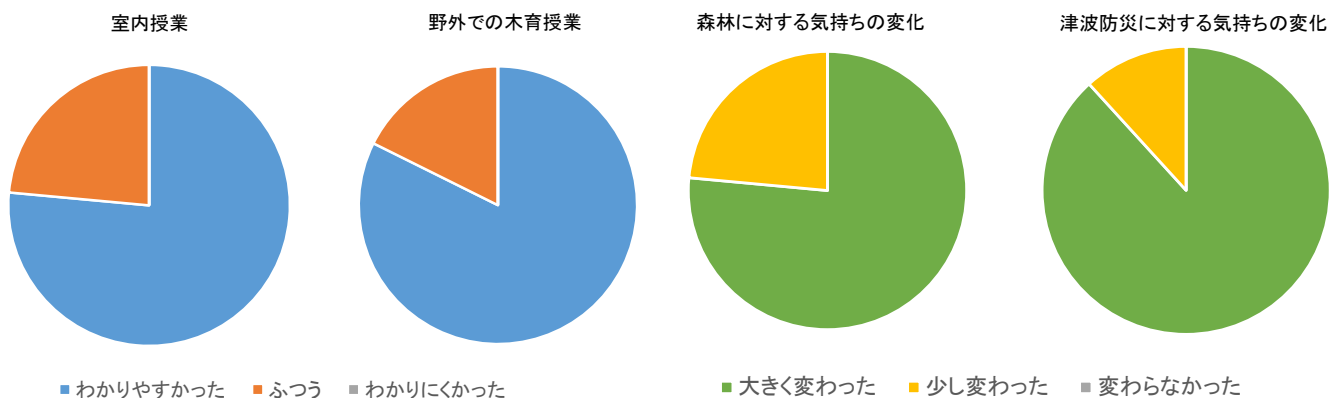


図-3 室内授業、野外授業のわかりやすさ

図-4 授業前後の森林や津波防災に対する気持ちの変化

防災林の改良工事を地元住民の防災意識啓発に結び付けるため、音別小学校5、6年生を対象に室内での森林、防災に関する授業、改良工事の盛土上での木育授業、植樹体験を行った。参加児童へのアンケートでは、授業は「わかりやすかった」が多数を占め(図-3)、森林や津波防災に対する気持ちの変化が「大きく変わった」が多数を占めた(図-4)。海岸防災林の改良工事を活用した津波防災教育には一定の効果があったと考えられ、地域防災力を高める意味で地域への実証的展開が図られた。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 佐藤創・田中規夫・鳥田宏行・真坂一彦・阿部友幸・岩崎健太・佐藤弘和(2017) L2津波によるカシワおよびグイマツの被害パターン。北方森林研究65:75-78。
 君和田祐弥・田中規夫・佐藤創・座波健仁・五十嵐善哉(2018) 既存海岸林の海側スペースに堤防と堀を導入するハイブリッドな津波減勢手法に関する研究。土木学会論文集B1(水工学)74(5):1,1243-1,1248。
 五十嵐善哉・座波健仁・田中規夫・佐藤創・鳥田宏行(2018) クロマツ防潮林の間伐と成長段階に応じた津波減勢効果と樹木破壊割合の変化。土木学会論文集B2(海岸工学)74(2):1,229-1,234。
 佐藤創(2018) 今後の津波に備えた海岸防災林整備。森林科学84:27-29。
 佐藤創(2020) 海岸防災林は津波による被害をどのくらい弱めるか?グリーントピックス60。

常呂川流域圏における 人間活動と水・物質循環とのつながりの解明

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：環境科学研究センター（主管）、地質研究所、

中央農業試験場、北見農業試験場、さけます・内水面水産試験場、北方建築総合研究所
（北見工業大学、常呂川水系環境保全対策協議会）

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

「流域圏」は人間を含めた生物の共生空間であるとともに、農林水産業や工業を営む上で重要な基盤であり、「流域圏」の持続性を高めるための取り組みが求められている。上・中・下流（森・川・里・海）を通じて営まれる一連の人間活動（各種産業や都市生活）のつながりを扱うには、研究分野を横断して水・物質循環の視点から流域圏を理解することが不可欠である。

本研究では、常呂川流域圏を対象に、人の暮らしと産業が調和した流域システムの構築を目指し、水・物質循環の状況を明らかにした。さらに、流域圏内の産業と人の暮らしとの関係性を分析し、流域圏の持続可能性に係る要因を調査した。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地：常呂川流域圏（流域面積約2000km²）

- ・関係自治体：北見市、訓子府町、置戸町
- ・流域人口はおよそ13万人、上流は森林域、中下流は大規模な畑作地帯と都市圏、河口域はサケマスやホタテの好漁場となっている。
- ・突発的な土砂流出や水質悪化の問題を抱えており、総合的な流域管理のニーズがある。

研究の項目と方法：

- 常呂川流域における浮遊土砂（SS）の定量的評価
流域内の主要観測点5地点および2支流（訓子府川、仁頃川）において出水時に採水し、イベント時データを加味しSS負荷量を算出する。
- 浮遊土砂（SS）流出特性の長期的変化
公共水質データの収集と解析を行う。

研究成果

- 常呂川流域における浮遊土砂（SS）の定量的評価
 - ・年間の浮遊土砂（SS）負荷量を精度よく推定するため、出水時の現地採水に有効とされるライジングステージ・サンプラー（写真-1）を常呂川流域5地点に設置し、採水分析を行った。
 - ・試料から得られたSS濃度に流量を乗じて負荷量を算出し、流量との対応関係を検討したところ、出水時に増大する傾向が明瞭に見られた（図-1）。
 - ・平水時SSの関係式に、出水時SSの関係式を併用して年間負荷量を計算したところ、平水時の関係式のみで計算した値の2～10倍になった。
 - ・これらの差は、とくに下流地点で大きくなったことから、出水時の流出特性データを加味してSS負荷（濁り）の影響を評価することが重要であると考えられた。



写真-1 ライジングステージサンプラーの設置状況

右の写真は、カバーを外した状態。
水位上昇に応じて採水口から河川水が入ってくる仕組みになっている。

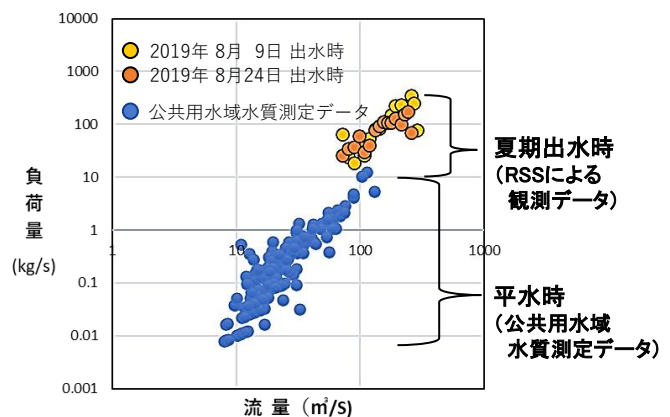


図-1 常呂川最下流地点（上川沿）における採水試料から得られたSS負荷量と流量の関係
2019年8月の降雨出水時に採水した試料水データを使用。

●浮遊土砂(SS)流出特性の長期的変化

- ・常呂川本・支流におけるSS流出量の長期的変化を把握するため観測資料を収集、とりまとめた。
- ・下流地点(上川沿)では、連続観測を開始した1973年以降、1980年ごろまでのSS濃度が高い水準※にあり、1980年代以降に比べ平水時の水質レベルが悪かったことが示された(図-2)。

※生活環境の保全に関する環境基準では、河川水のSS濃度は25 mg/lと定められている(昭和46、12、28環境庁告示第59号)。

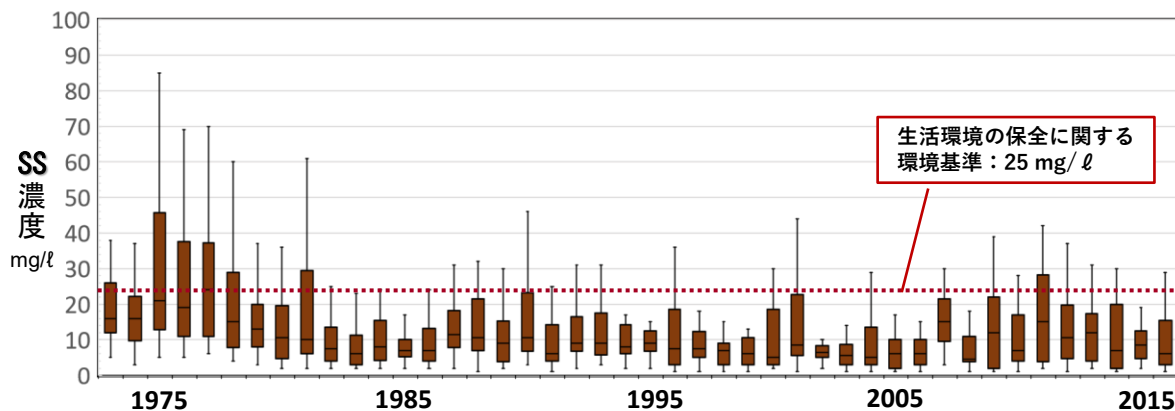


図-2 常呂川下流地点(上川沿)における平水時の濁り(SS濃度)の1973-2016年の推移

データ出典：北海道の水環境 (<http://envgis.ies.hro.or.jp/index.asp?category=mizu>)

- ・各年、毎月観測されたSSの値をプロットしたもの。
- ・箱の下端はその年の観測値の第1四分位を、上端は第3四分位を示す。

- ・1973~2016年のSS濃度と流量データを整理し、流量-負荷量関係式(LQ式)を求め、時代ごとの特性を比較した。
- ・低水量時のSS負荷量は1970年代のほうが高く、2010年代は改善されている傾向を示したが、流量増加に対する負荷量の増加傾向が異なり、2010年代は、流量が増加すると一気に濁る傾向にあることを示した(図-3)。
- ・この流量-負荷量(LQ)関係の変化の要因として、低地域の作付変化(水田→たまねぎ)や水利用の変化などが想定されるが、複合的と考えられる。
- ・将来に向けては、大雨(降雨強度の大きなイベント)の頻発が懸念されることから、下流域へのSS流出量増大が予想される。

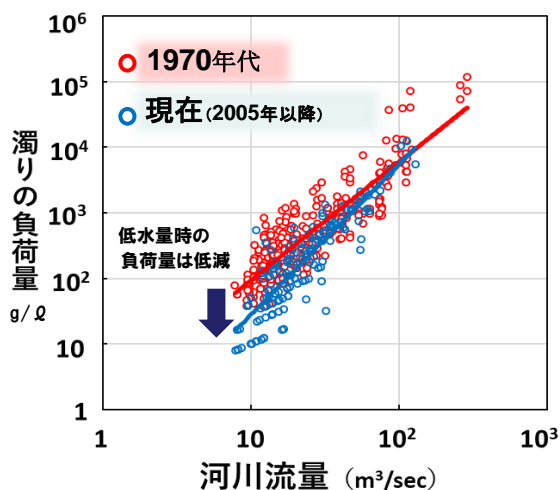


図-3 常呂川最下流地点(上川沿)における平水時SSの流量-負荷量関係の年代による違い

乙部町における新規蜂場開設を目指した蜜源探索に関する研究

担当G：道南支場、道東支場

協力機関・研究機関：乙部町、三次はちみつ園蜂屋、(株)林組、岩手大学農学部

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
檜山管内乙部町からの要請に基づき、道内のクローバー蜜の主要産地（日高，十勝，オホーツク）において、採蜜に必要なクローバーの花密度および面積を検討する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地

足寄町・乙部町

調査方法

- クローバーの花密度の把握
- クローバーの分布面積の把握

研究成果

2) 新たな蜜源の環境整備調査(2017～2019年度)
足寄町活込地区(写真-1)において方形枠(1m×1m)を用いたクローバーの花密度の把握のための調査を実施した(3区画・30プロット)。2019年度も2018年度に引き続きクローバーの開花が少なく、各プロットで見出された花の数は計74であった。2019年度においても採蜜に足りる花の密度が保たれておらず、この地区におけるクローバー蜜の収穫は見込めない状況と推測された(後に蜂場に蜂箱を置いている養蜂業者に照会したところ、クローバー蜜の収穫はなかったことが確認された)。

2017年はクローバーの花の密度が著しく高く、多くのクローバー蜜が得られたが(1蜂群あたり24Kg, 1haあたり43.6Kg)、2019年もクローバー蜜が得られる花の密度に未達であったと推測される。

2018年に引き続き花の数が少ない理由として以下の点が考えられた。

①クローバーの開花と気象条件

開花が多かった2017年と開花がなかった2018年、2019年の気温・日照時間・降水量をみると、気温については、2017年は7月上旬に20℃を超える状況であったのに対し、2018、2019年は約15℃と低かった(図-1)、日照時間は2017年の7月上旬で約100時間であったのに対し、2018、2019年は約50時間程度に止まっていた(図-2)、降水量は2017年、2019年はほぼ同様であったが、2018年は著しく多かった(図-3)ことが、花数が少ない要因として考えられた。また、牧草としての利用を図る場合、クローバーは他のイネ科草本と一緒に播種し、上繁草(イネ科草本)と空間を立体的に使って生育させて収量を増大させるが、今回示したような気温・日照時間・降水量の問題は、上繁草の収穫(一番草の収穫)を遅れさせることにもつながり、結果として下層のクローバーが上繁草に覆われた状態となり、ミツバチの訪花を妨げる状況が生じる。

②セイヨウミツバチの訪花

クローバーの蜂蜜は北海道においては道東地域が主産地である。道東地域の気候的特徴として、夏期の気温上昇があまり大きくない点と気温の較差が大きい点が挙げられる。また、北海道特有の現象として、オホーツク海高気圧による冷たい北東季節風がもたらす「曇りがちで肌寒く、ぐずついた天候」(蝦夷梅雨)が見られる。クローバーの採蜜期である6～7月(初夏)はこのような状況を背景に寒暖の差が大きく、ぐずついた天候となりやすい。

こうした気候下にセイヨウミツバチは訪花を行うが、その活動に適した気温は概ね18～25℃といわれ、17℃を下回ると巣箱から出ることがなく採蜜が行われない。図-4に、2017年から3年間の気温の推移とセイヨウミツバチの活動温度の下限(18℃)を示す。これによると、2017年は6月上旬より気温が上昇し下旬には18℃を超え、さらに7月上旬には約23℃となり、セイヨウミツバチの活動に適した気温であった。一方、2018、2019年はその上昇が鈍く、7月上旬においても気温が18℃を下回っており、訪花を行う条



写真-1 調査地と蜂場の位置(足寄町活込地区)

件が整っているとは言い難い状況にあると考えられた。

③クローバーの開花・結実習性

クローバーの開花と日長・気温・光量との関係性に関する過去の調査事例からは、長日条件や光量が多い条件はクローバーの開花盛期を早め、花の数を一時的に増加させるが、その後の個体・群落の生育力の減衰も早まるため種子採取量の減少につながる事が指摘されている。即ち、クローバーは習性として、気候的好条件により開花が著しく多くなった後には個体・群落に衰退傾向が現れて花数が減少する傾向を有する。これを今回の調査結果と合わせると2017年の大量開花後には当地の個体・群落に衰退傾向がみられるようになり、結果として、2018年、2019年には花数が減少し、天候の不順とも相まって蜂蜜の収穫が認められない事態になったと推測することが可能になる。

クローバーは持続性に課題を抱える植物であることから、採蜜を目的にクローバー畑を造成する場合には定期的に播種を行い、新しい個体・群落への更新・育成を図ることや播種を行う地域の気候やその他の特性に適した品種を用いることで、持続的に蜂蜜を生産することが可能になると考えられる。

④乙部町の気候

北海道南西部に位置する乙部町は今回の調査地（十勝管内）とは気候条件が異なる。乙部町が位置する道南地域の気候の特色として、①日本海側の沿岸部は対馬暖流の影響で夏・冬ともに北海道の中では最も平均気温が高く、ケッペンの気候区分では温暖湿潤気候に属する。②最南端地域の1月の平均気温は-0.9℃と対岸の青森(-1.4℃)よりも高い。③夏季は気温が上がりやすく本州の日本海側の気候に近い状況を呈する。

2019年の両地域の気温の推移を比較すると(図-5、出典：十勝管内農作物の生育状況・気象庁アメダスデータ(道南地域))、十勝地域に比較して乙部町の方が気温が高い状態で推移していることが理解できる。また、十勝地域においては7月中旬に気温が約18℃に達したのに対し、乙部町では6月の下旬に気温が18℃を上回り、十勝地域より早期にセイヨウミツバチが訪花を行う体制が整う状況であった。

乙部町は十勝地域に比較して温暖である点からセイヨウミツバチの活動性やクローバーの開花については一定の見通しを持つことができるが、クローバーの個体・群落の育成・更新などの管理面のあり方を考え(管理に要するコストや蜂蜜による収益性など)、導入の是非について検討を進めるべきと考える。

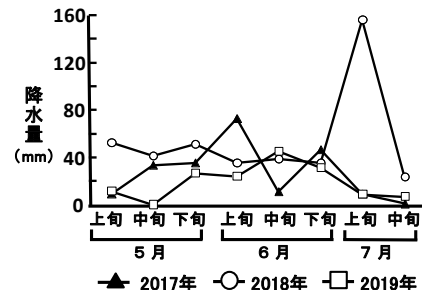
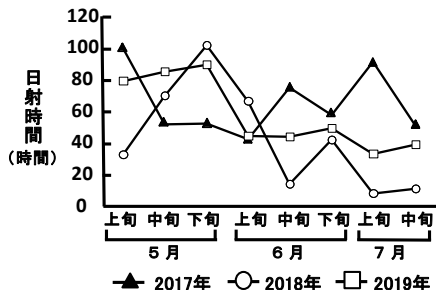
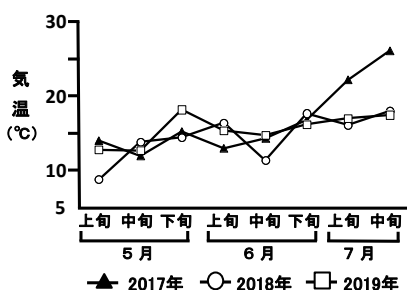


図-1 3カ年の平均気温の推移 (5月上旬～7月中旬)

図-2 3カ年の日射時間の推移 (5月上旬～7月中旬)

図-3 3カ年の降水量の推移 (5月上旬～7月中旬)

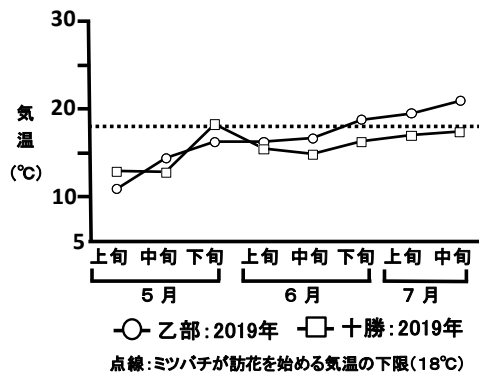
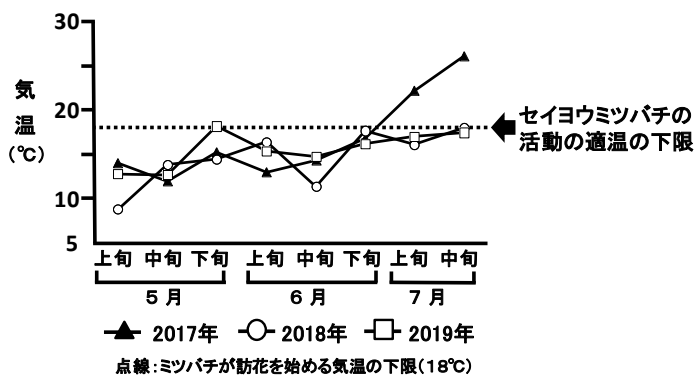


図-4 3カ年の気温とセイヨウミツバチの活動適温

図-5 十勝地域と乙部町の気温の推移

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

公表 受託研究成果報告書 乙部町における新規蜂場開設を目指した蜜源探索に関する研究(2019.03)

十勝地域における効果的な内陸防風林更新手法の提案

担当G：道東支場、森林環境部環境G

協力機関：北海道水産林務部林務局治山課、十勝総合振興局林務課、十勝農業試験場

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

十勝地域では各地で防風林の更新事業が進められており、効果的な防風林更新手法の提案が求められている。本課題では防風林更新時に実施される部分皆伐について、伐採面積および皆伐区の配置が減風効果および残存林帯への風の吹き込みめに及ぼす影響を明らかにする。また、残存林帯が植栽木に及ぼす影響と、景観的に評価の高い防風林植栽樹種を明らかにする。以上の結果を基に、伐採面積・風況への影響・植栽環境への影響の3点から見て効果的な防風林の伐採手法および良好な成長と景観が期待できる防風林植栽樹種を提案する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

主な調査地

士幌町内の防風保安林更新試験地(図-1)
 ✓カラマツ防風林に、伐採手法の異なる4つの処理区と、伐採を実施しない無処理区を設定
 ✓伐採後の林帯で植栽試験を実施

調査手法

- ◆ 風速観測+シミュレーション(防風林更新試験地)
- ◆ 防風林更新地における植栽木の生育調査
- ◆ 景観構成要素の把握・写真撮影・視覚的評価実験(樹種の異なる成林した防風林)

研究成果

① 防風林伐採手法の提案

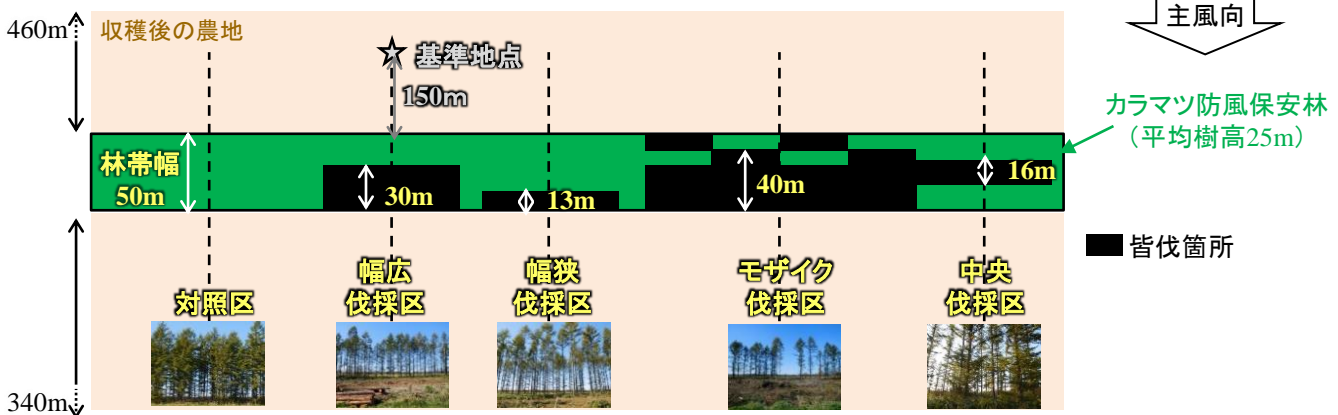


図-1. 防風保安林更新試験地の概要

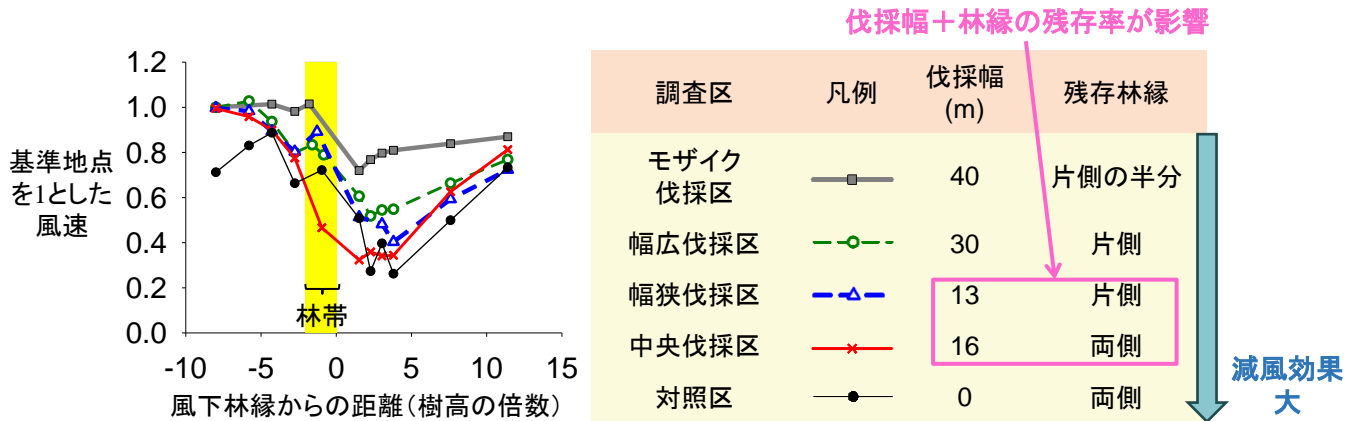


図-2. 伐採方法の異なる試験区における減風効果

伐採幅だけでなく林縁の残存率も減風効果に影響することがわかった(図-2)。林縁は枝葉密度が大きいので、少なくとも一方の林縁を残すべきと考えられた。

② 防風林植栽樹種の提案

【樹高の初期成長】

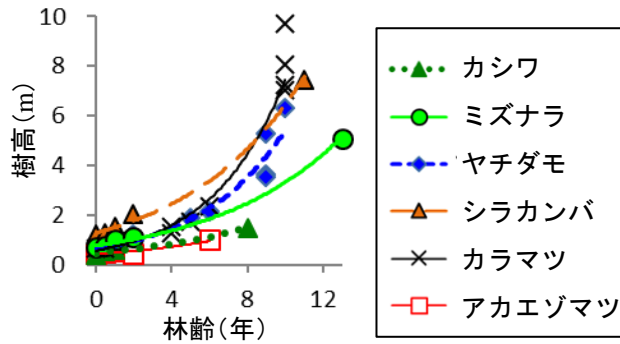


図-3. 樹高の初期成長の樹種間差 (十勝管内における防風保安林更新地)

【景観への影響】

・魅力的な印象：生育の良否が影響 (図-4)

透視図法的な構造
→ 高い眺望性



生育が良い防風林: 直線の存在を強調

図-4. 魅力的な印象を与える景観の特徴

・自然か人工的か (緑が多くみえるか)
という印象には、樹種も影響

【樹種特性のまとめ】

表-1. 樹種特性のまとめ

	樹高成長 (図-3)	開葉時期 (春先の風食防止 に間に合うか)	森林被害への耐性			景観
			風	冬季乾燥	過湿	
カシワ	×	×	○	○	×	自然
ミズナラ	△	△	—	○	×	—
ヤチダモ	○	×	○	○	○	人工的
シラカンバ	◎	○	×	○	×	人工的
カラマツ	◎	○	×	○	×	自然
アカエゾマツ	×	◎	△	×	○	自然

◎ 最良
○ 良
△ 中間
× 不良
— データなし

いずれの樹種も一長一短あった (表-1)。そのため、**複数樹種の組み合わせ** (残存林帯と異なる樹種を選択) により、短所を補うのが良いと考えられた (図-5)。

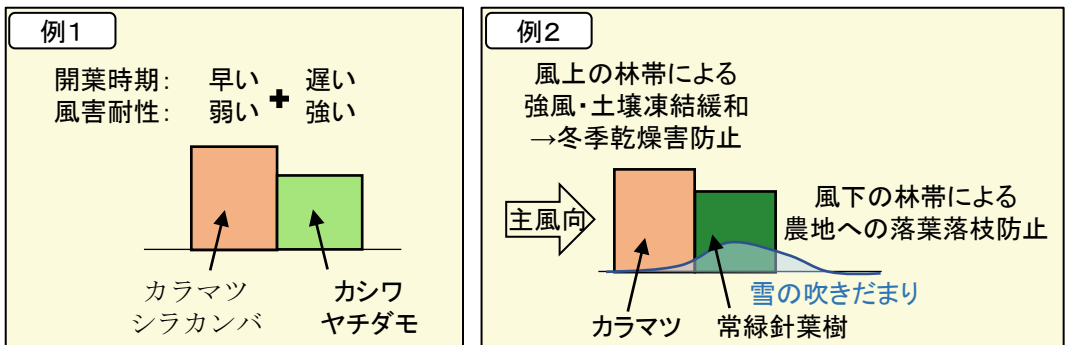


図-5. 複数樹種の組み合わせ方法の一例

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

速水ら(2019)植物研究雑誌 94, 117-122; Iwasaki et al. (2019) Agroforestry Systems 93, 1133-1145
岩崎(2020)山づくり 令和元年度/十勝地域版, 9; 岩崎(2019)第68回北方森林学会大会

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

防雪林に対する除伐・枝打ちが吹雪捕捉機能に及ぼす影響

担当G：道東支場、森林環境部環境G

協力機関：JR北海道帯広保線所、国立研究開発法人防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所、(株)雪研スノーイーターズ

研究期間：平成29年度～令和元年度 区分：経常研究

研究目的

防雪林が造成された後、除伐によって吹雪捕捉機能が低減することが心配され、管理が遅れる傾向がある。また、針葉樹では沈降圧による枝抜けが生じるため、病虫害が心配され、「裾枝打ち」作業が推奨されている。しかし、実際に枝抜け跡からの腐朽があるのか、また除伐や枝打ちによって吹雪捕捉機能が低減するのか調査された事例がない。そこで、本研究では、除伐時期に達した防雪林に対する除伐、および枝打ちが吹雪捕捉機能に及ぼす影響を定量的に評価し、防雪林の保育管理に向けた基礎データを提供することを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

① 除伐・枝打ちの吹雪捕捉機能への影響調査
調査地：新得町内のヨーロッパトウヒ鉄道防雪林
(2006年植栽、平均樹高6m)
方法：無処理区、除伐+枝打ち区、枝打ち区を設定し、冬季間、各区の前後に形成された堆雪丘の断面形状を測定
※ 枝打ち高：1.5m(樹高の25%)
除伐率：40%

② 枝抜け跡の腐朽状況の調査
調査地：道内の主要な防雪林
方法：枝抜け跡の巻き込み状況を目視等で調査し、除伐処理等で伐採された木を対象に枝抜け跡位置の断面から腐朽状況を確認
③ 模型林を用いた風洞実験
方法：風洞装置内に模型林を設置し、吹雪に模した顆粒の堆積状況を調査

研究成果

① 除伐・枝打ちの吹雪捕捉機能への影響調査

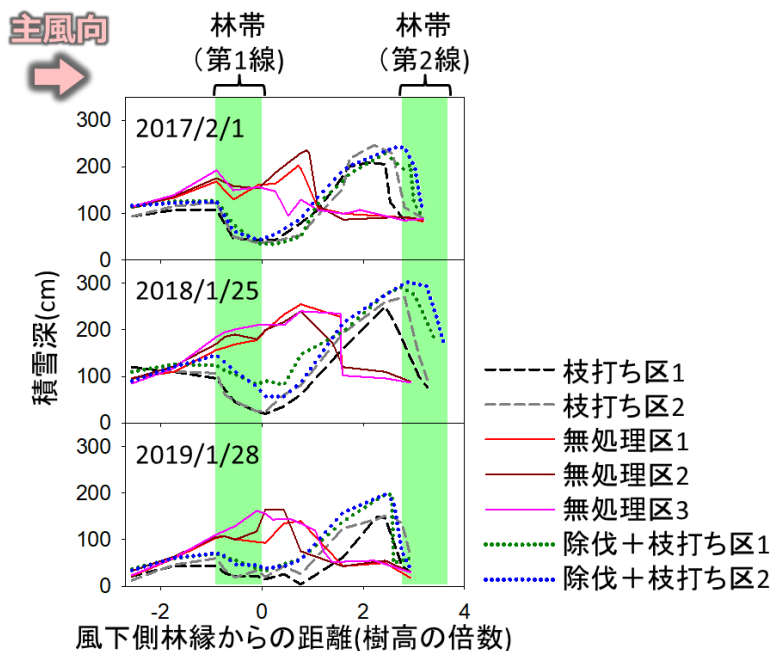
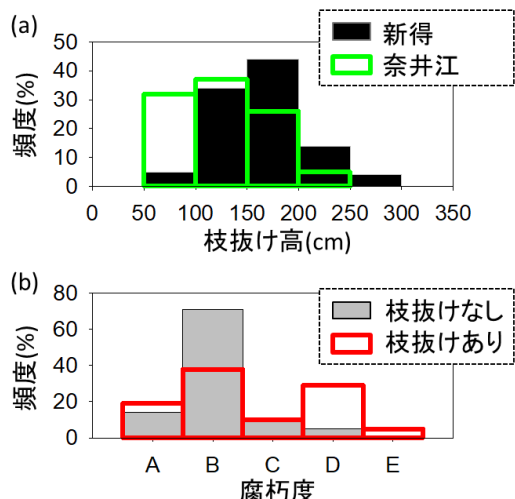


図-1. 各年の1月後半～2月前半における積雪分布

いずれの年においても、無処理区では林内～樹高の1倍風下に吹きだまりが形成されたのに対し、枝打ち区および除伐+枝打ち区では林内の雪は吹き払われ、樹高の1～3倍風下に吹きだまりが形成された。枝打ち区と除伐+枝打ち区を比較すると、吹きだまりの位置はほとんど変わらなかった(図-1)。

② 枝抜け跡の腐朽状況の調査



枝抜け被害が生じた樹木の割合は、新得では風上側の林帯で90%を超えたが、奈井江（11年生）・岩見沢（36年生）では豪雪地帯であるにもかかわらず10%程度にすぎなかった。岩見沢では、枝抜け被害の痕跡はあったものの全て回復していたことから、被害が生じるのは10年生前後の若い林分に限られると考えられた。

新得と奈井江のいずれにおいても高さ50cm以下の枝では枝抜けが生じておらず、新得では高さ100~200cmに被害が集中していた（図-2a）。

枝抜け跡がある高さとなし高さで腐朽診断装置による測定を実施した結果、枝抜け跡がある高さで幹の腐朽が進行していたが、枝抜け跡がある場合でも、57%の個体が健全と診断された（図-2b）。

図-2. (a)新得と奈井江における枝抜け高と (b)新得における腐朽度のヒストグラム
※ 腐朽度はAとBの場合に健全と判断される

③ 模型林を用いた風洞実験

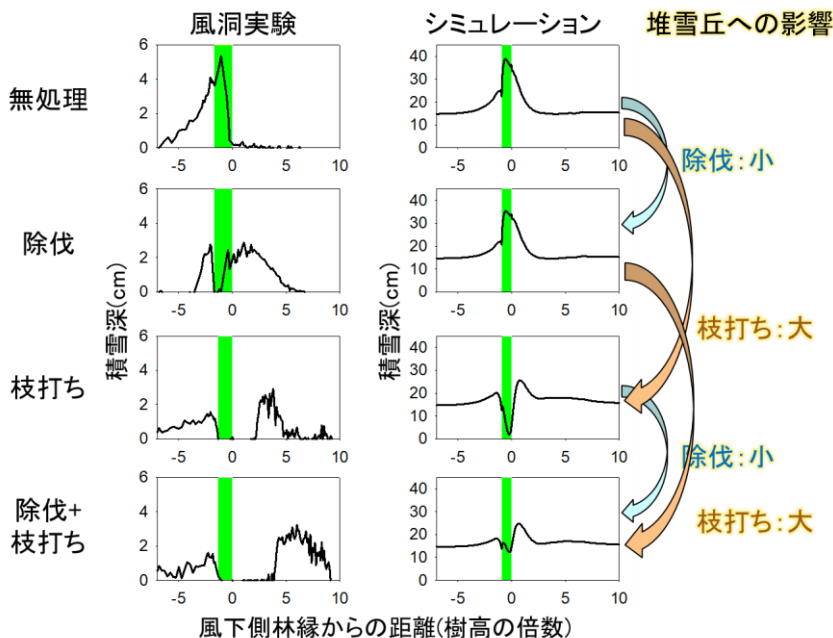


図-3. 風洞実験(枝打ち高：樹高の21%、除伐率50%)とシミュレーション(枝打ち高：樹高の25%、除伐率40%)による積雪分布

積雪深が最大になる地点は、風洞実験と数値シミュレーションにおいてそれぞれ、除伐では樹高の2倍と0倍、枝打ちでは樹高の5倍と1倍風下に移動しており、除伐より枝打ちで堆雪丘への影響が大きかった（図-3）。

以上のように、枝打ちは除伐より防雪機能を大きく低下させることが示された。さらに、枝抜け被害は深刻でなかったことから、多くの林分において枝打ちは不要であることがわかった。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

真坂ら(2017)第66回北方森林学会大会：鳥田ら(2019)雪氷研究大会：岩崎ら(2019)日本農業気象学会北海道支部大会

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

カラマツ・トドマツ人工林における 風倒害リスク管理技術の構築

担当G：森林環境部環境G、森林経営部経営G、道東支場

協力機関：林産試験場性能部構造・環境G、北海道水産林務部林務局森林整備課・森林計画課・森林環境局道有林課・森林活用課、池田町、十勝総合振興局森林室普及課・森林整備課、空知総合振興局森林室森林整備課、上川総合振興局南部森林室森林整備課

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：重点研究

研究目的

北海道の主要な造林樹種であるカラマツ・トドマツ人工林において、十勝地方の複数市町村等を対象に、施業体系*と風倒害に対する樹木の感受性（倒れやすさ・折れやすさ）との関係を明らかにし、被害実績に応じた体系化した対策指針を構築する。

*施業体系：人工林において間伐時期と間伐率がわかるように、林齢ごとの林分密度（および幹直径、樹高）を示したものの。植栽本数と管理密度が異なる数種類のタイプがあり、生産目的（大径級丸太の少量生産か、標準径丸太の多数生産か、等）や、本研究で明らかにしていくように気象害対策の為に使い分けられるよう、想定されている。

研究方法

1. 被害実績の要因解析
調査地：十勝地方民有林、方法：被害データのGIS化、地形因子のGIS化、統計モデリング
2. 森林構造からみた風倒害感受性の評価技術の開発
方法：立木引き倒し試験、材強度試験、限界風速（風倒害感受性）を導出する力学モデル構築
3. 被害実績に応じた対策指針の提示
方法：システム収獲表による成長予測、力学モデルによる限界風速の導出

研究成果

1. 被害実績の要因解析

2002年台風21号時は内陸の池田町・幕別町で被害が多く、2016年台風7,10号では太平洋沿岸および浦幌町で被害が多いなど、被害が集中した地域は台風によって異なっていたが（図-1）、被害箇所の地形的な特徴は共通していた（図-2）。

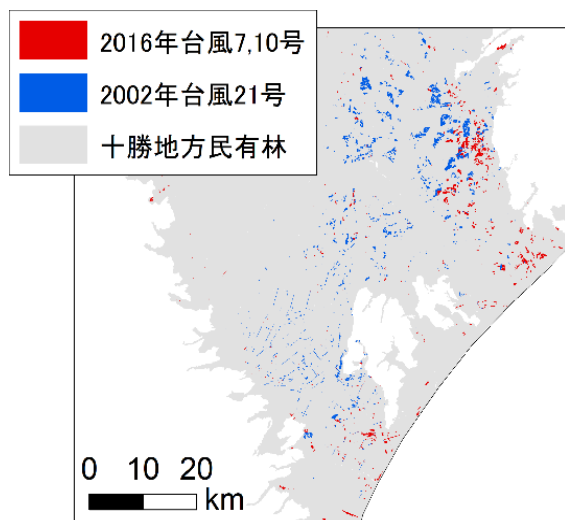
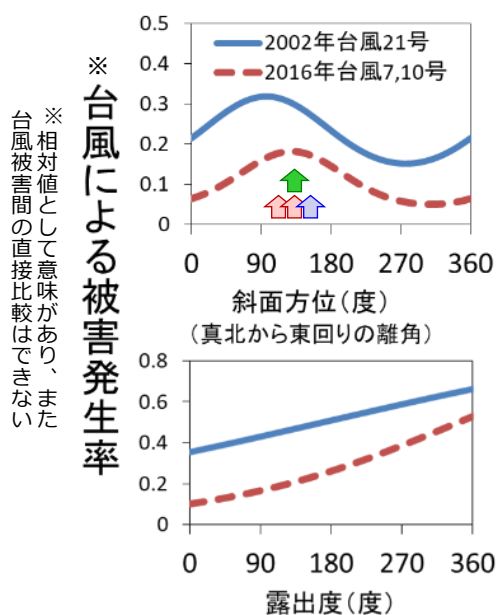


図-1 十勝地方民有林における風倒害分布



※台風による被害発生率
※相対値として意味があり、また台風被害間の直接比較はできない

図-2 地形条件からみた風倒害の受けやすさ
(上) 斜面方位、(下) 露出度
斜面方位は、0,360度：北、90度：東、180度：南、270度：西を表す。
矢印は、池田町において風倒害を発生させた台風の日最大風速風向を表し、
緑：1981年台風15号、青：2002年台風21号、
赤：2016年台風7,10号、をそれぞれ表す。

引用等の著作権上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

2. 森林構造からみた風倒害感受性の評価技術の開発

限界風速(風倒害感受性)を導出する力学モデルに組み込むパラメータとして、根返り抵抗力・幹の曲げ強さを測定した。その結果、土壌タイプ(黒ボク土・褐色森林土)や地域(幕別町・浦幌町・美幌市)に依らず、根返り抵抗力と D^2H の関係はほぼ同じ傾向を示した(図-3)。また統計モデルによると、曲げ強さ fm は、林齢Ageが高くなると大きくなり、中央径 Dc が大きくなると小さくなったが、説明変数の影響力は、林齢の方が中央径より大きかった。

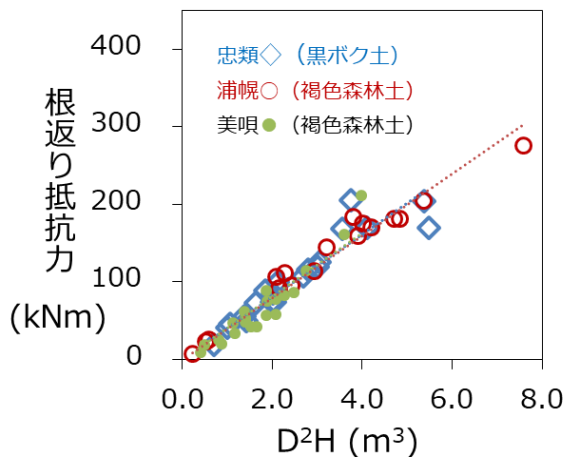


図-3 トドマツの根返り抵抗力
D: 胸高直径、H: 樹高

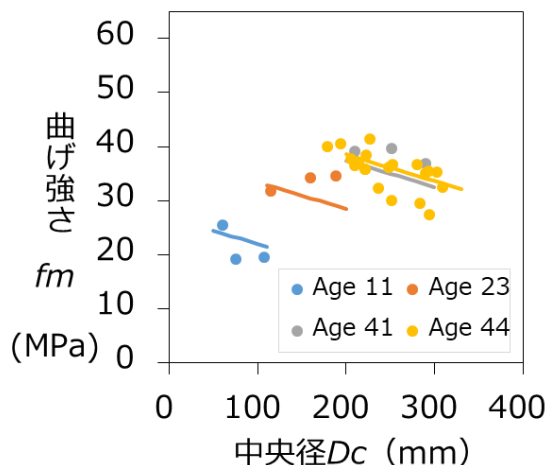


図-4 トドマツ丸太の曲げ強さ

3. 被害実績に応じた対策指針の提示

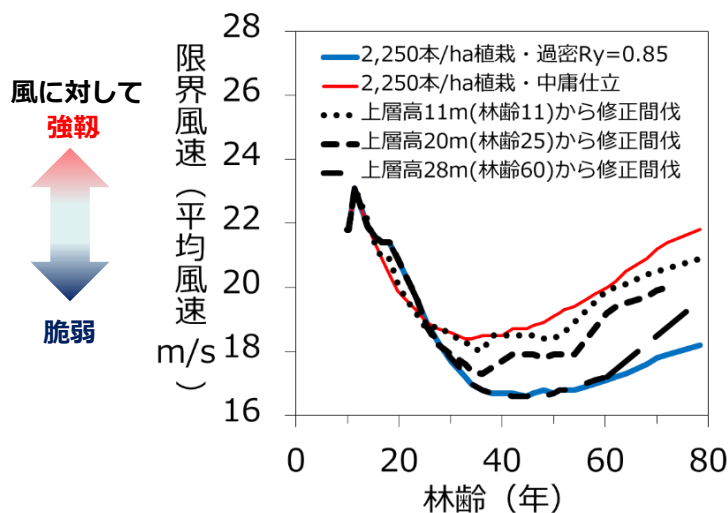


図-5 カラマツの過密林分に修正間伐をした場合の限界風速の推移
(地位指数25、被害実績が少ない地域の場合)

カラマツの過密林分に修正間伐をしたとき、限界風速がどのように推移するかを検討した。

その結果、上層高が低く過密の程度が小さい林分ほど、間伐によって内容改善を図ることができることが示された(図-5)。

引用等の著作権上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表

- 阿部友幸・岩崎健太・長坂晶子・長坂有・中田康隆・佐藤創・鳥田宏行・速水将人(2019)北海道内における造林樹種の根返り抵抗力についての地域間比較. 第130回日本森林学会大会(朱鷺メッセ、2019.3.22)
- 鳥田宏行・阿部友幸・岩崎健太・佐藤創・真坂一彦(2019)カラマツの枝下高および枝下直径の推定. 第68回北方森林学会大会(札幌コンベンションセンター、2019.11.6)
- 阿部友幸・長坂晶子・岩崎健太・鳥田宏行・長坂有・中田康隆・蓮井聡・佐藤創・真坂一彦・滝谷美香(2020)北海道十勝地方のカラマツ人工林の耐風性とその改善手法の検討. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.28)
- 滝谷美香・阿部友幸(2020)風倒被害に強いカラマツ人工林を仕立てるための施業モデル. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.29)
- 鳥田宏行・阿部友幸・岩崎健太・佐藤創・石塚航・真坂一彦(2020)針葉樹の枝下高および枝下直径の推定. 第131回日本森林学会大会(名古屋大学、2020.3.29)
- 蝦名益仁・石塚航・阿部友幸(2020)地上レーザー測量とボクセル解析を用いた40年生常緑針葉樹の三次元形状の推定. 森林計画学会誌. 54: (印刷中)
- 石塚航・阿部友幸・蛸名益仁・早坂一文・成田あゆ・今博計・長坂有・鳥田宏行(2020)トドマツの風害抵抗性に関わる諸形質と地域変異の検討. 北海道林業試験場研究報告. 57: 13-23.